



⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 05 536 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 23/28**  
H 01 L 27/20  
H 01 L 29/84  
G 01 L 9/08

⑦ Aktenzeichen: 100 05 536.2  
② Anmeldetag: 8. 2. 2000  
④ Offenlegungstag: 17. 8. 2000

**DE 100 05 536 A 1**

③ Unionspriorität:  
11-030934 09.02. 1999 JP  
  
⑦ Anmelder:  
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Car  
Engineering Co., Ltd., Hitachinaka, Ibaraki, JP  
  
⑦ Vertreter:  
Beetz und Kollegen, 80538 München

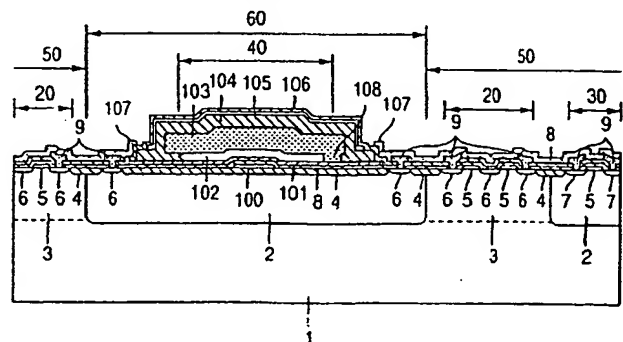
⑦ Erfinder:  
Onose, Yasuo, Tokaimura, Ibaraki, JP; Horie,  
Junichi, Hitachinaka, JP; Kuryu, Seiji, Hitachinaka,  
JP; Saito, Akihiko, Hadano, JP; Ichikawa, Norio,  
Mito, JP; Watanabe, Atsuo, Hitachiota, JP;  
Shimada, Satoshi, Hitachi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Sensor mit eingebauten Schaltungen und diesen Sensor verwendender Druckdetektor

⑤ Ein Sensor mit eingebauten Schaltungen mit verbesserter Betriebsstabilität und stabileren Eigenschaften. Ein Schaltungsbereich (50) und ein Sensorbereich (60) sind durch einen Passivierungsfilm (107) bedeckt. Der Sensorbereich ist durch den Passivierungsfilm teilweise bedeckt. Der Sensorbereich und der Schaltungsbereich sind daher durch den Passivierungsfilm geschützt, wobei die Wirkung des Passivierungsfilms auf die mechanische Auslenkung eines Membranabschnitts (40) verringert ist, so daß der Sensor mit eingebauten Schaltungen einen stabileren Betrieb und/oder stabilere Eigenschaften besitzt.



**DE 100 05 536 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Sensor mit eingebauten Schaltungen, der einen Sensorbereich und einen Schaltungsbereich, die auf einem Halbleitersubstrat vorgesehen sind, besitzt, sowie auf einen Druckdetektor, der einen solchen Sensor verwendet.

Ein Drucksensor mit eingebauten Schaltungen, bei dem auf demselben Halbleitersubstrat ein Sensorbereich zum Umsetzen des Drucks in elektrische Signale und ein Schaltungsbereich, der eine Signalerfassungsschaltung für die Erfassung der elektrischen Signale und eine Signalverarbeitungsschaltung für die Verarbeitung der elektrischen Signale umfaßt, vorgesehen sind, ist beispielsweise bekannt aus "An Integrated Silicon Bulk Micromachined Barometric Pressure Sensor for Engine Control Unit and External Mount" (Motorola Semiconductor Application Note (1998)).

In diesem herkömmlichen Sensor sind auf demselben Halbleitersubstrat in integrierter Bipolarschaltungstechnologie ein Druckmeßwandler des Typs mit piezoelektrischem Widerstand, bei dem auf einer durch Ätzen eines Halbleitersubstrats hergestellten Siliciummembran ein piezoelektrischer Widerstand ausgebildet ist, und weitere Elemente wie etwa Operationsverstärker, aktive und passive Elemente einschließlich Widerständen für die Korrektur und die Kompensation gebildet. Auf den Sensor wird von unten ein äußerer Druck ausgeübt.

Da auf dem herkömmlichen Sensor kein Passivierungsfilm ausgebildet ist, können die Eigenschaften der Schaltungselemente schwanken oder sich verschlechtern. Die Hauptfaktoren, durch die die Eigenschaften schwanken oder sich verschlechtern, ist die Feuchtigkeitsabsorption und das Eindringen beweglicher Ionen wie etwa Natrium- oder Kaliumionen.

Nach der Aufbringung einer Metallverdrahtung werden die integrierten Schaltungen im allgemeinen passiviert. Der Passivierungsfilm ist ein Nitrid-Film (CVD-SiN), der bei niedriger Temperatur (ungefähr 500°C) mittels CVD (chemische Abscheidung aus der Gasphase) gebildet werden kann. Der CVD-SiN-Film besitzt eine ausgezeichnete Wasserbeständigkeit und erreicht eine Diffusionsgeschwindigkeit der beweglichen Ionen im Nitrid-Film, die niedriger als diejenige im Oxidfilm ist, so daß er als Passivierungsfilm geeignet ist.

Bei dem herkömmlichen Sensor ist der Druckaufnahmeabschnitt an der Rückseite vorgesehen. Es ist jedoch vorteilhaft, den Druckaufnahmeabschnitt an der Vorderseite vorzusehen, um die Produktionskosten zu senken und um geringe Abmessungen des Chips zu erzielen. Dieser Typ mit vorderseitigem Druckaufnahmeabschnitt erfordert keinen Ätzprozeß, in dem das Siliciumsubstrat bis zu einer Tiefe von 100 µm geätzt wird, und ermöglicht eine präzise Kontrolle der Membrandicke mittels einer Dünnschichttechnologie wie etwa der CVD, um eine Dünnschichtmembran zu bilden, die zu einem Sensor mit geringen Abmessungen führt. Da jedoch der äußere Druck auch auf den Schaltungsabschnitt des Druckdetektors mit vorderseitigem Druckaufnahmeabschnitt ausgeübt wird, treten mit großer Wahrscheinlichkeit Schwankungen oder Verschlechterungen der Eigenschaften der Schaltungselemente auf. Wenn als Schaltungselemente insbesondere MOS-Elemente, die für eine Integration hoher Dichte geeignet sind, verwendet werden, treten die Schwankungen und Verschlechterungen der Eigenschaften mit größerer Wahrscheinlichkeit als im Fall bipolarer Schaltungselemente auf, so daß der Passivierungsfilm unbedingt notwendig ist.

Wie oben beschrieben, eignet sich der CVD-SiN-Film als Passivierungsfilm. Der CVD-SiN-Film besitzt jedoch grö-

ßere interne Beanspruchungen als Polysilicium. Weiterhin besitzt die interne Beanspruchung eine Hystereseeigenschaft und schwankt in einem thermischen Zyklus von ungefähr 100°C. Wenn daher einfach der Passivierungsfilm auf der gesamten Oberfläche aufgebracht wird, wird die Membran durch die Änderung der internen Beanspruchung im CVD-SiN-Film verschoben, so daß die Ausgangscharakteristik des Druckmeßwandlers instabil wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Sensor mit eingebauten Schaltungen und einen Druckdetektor zu schaffen, deren Betrieb oder deren Eigenschaften sind, indem die obengenannten Probleme gelöst werden. Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Sensor nach einem der Ansprüche 1, 6 oder 7 bzw. durch einen Druckdetektor nach Anspruch 11. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

In einem Sensor mit eingebauten Schaltungen gemäß einem Aspekt der Erfindung sind ein Sensorbereich mit einem Membranabschnitt und ein Schaltungsbereich auf einem Halbleitersubstrat nebeneinander vorgesehen. Der Schaltungsbereich und der Sensorbereich sind durch einen Passivierungsfilm bedeckt. Eine Kante des Passivierungsfilms befindet sich innerhalb des Sensorbereichs zwischen einer Seite des Membranabschnitts und dem Schaltungsbereich. Mit anderen Worten, der Sensorbereich ist durch den Passivierungsfilm teilweise bedeckt.

In dem erfindungsgemäßen Sensor mit eingebauten Schaltungen sind der Sensorbereich und der Schaltungsbereich durch den Passivierungsfilm geschützt. Da der Sensorbereich durch den Passivierungsfilm nur teilweise bedeckt ist, kann die Wirkung des Passivierungsfilms auf die mechanische Auslenkung des Membranabschnitts verringert werden. Daher können die Stabilität des Betriebs oder der Eigenschaften des Sensors mit eingebauten Schaltungen verbessert werden. Um die Wirkung des Passivierungsfilms auf den Membranabschnitt zu verringern, sollte der Passivierungsfilm vorzugsweise näher beim Schaltungsbereich als bei der Seite des Membranabschnitts vorgesehen sein. Das heißt, daß der Passivierungsfilm vorzugsweise nicht mit der Seite des Membranabschnitts in Kontakt sein sollte.

In einem Sensor mit eingebauten Schaltungen gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung sind in ähnlicher Weise auf einem Halbleitersubstrat ein Sensorbereich mit einem Membranabschnitt und ein Schaltungsbereich nebeneinander vorgesehen. Weiterhin verläuft vom Schaltungsbereich in den Sensorbereich und zwischen einer Seite der Membran und dem Schaltungsbereich eine Verdrahtung, die ebenso wie der Schaltungsbereich durch einen Passivierungsfilm bedeckt ist.

In dem obengenannten Sensor mit eingebauten Schaltungen der Erfindung sind die Verdrahtung auf dem Schaltungsbereich und der Sensorbereich durch den Passivierungsfilm geschützt. Somit kann die Stabilität des Betriebs oder der Eigenschaften des Sensors mit eingebauten Schaltungen verbessert werden.

In einem Sensor mit eingebauten Schaltungen gemäß einem nochmals weiteren Aspekt der Erfindung sind in ähnlicher Weise auf einem Halbleitersubstrat der Sensorbereich mit Membran und der Schaltungsbereich nebeneinander vorgesehen. Darüber hinaus besitzt das Halbleitersubstrat einen ersten Bereich eines ersten Leitfähigkeitstyps und einen zweiten Bereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps. Der Sensorbereich ist im ersten Bereich vorgesehen, während der Schaltungsbereich im zweiten Bereich vorgesehen ist. Die erste Leitfähigkeit und die zweite Leitfähigkeit sind zueinander entgegengesetzt, d. h. entweder p-Leitfähigkeit und n-Leitfähigkeit oder n-Leitfähigkeit und p-Leitfähigkeit.

In dem obengenannten Sensor mit eingebauten Schaltungen gemäß der Erfindung sind die Bereiche auf dem Halbleitersubstrat, in denen der Sensorbereich bzw. der Schaltungsbereich vorgesehen sind, durch einen pn-Übergang zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich voneinander getrennt. Daher kann die Stabilität des Betriebs oder der Eigenschaften des Sensors mit eingebauten Schaltungen verbessert werden.

In jedem der obengenannten Sensoren mit eingebauten Schaltungen kann der Sensorbereich ein Sensor unterschiedlichen Typs sein, dessen Ausgangssignale durch eine mechanische Auslenkung des Membranabschnitts geändert werden. Der Schaltungsbereich kann Schaltungen unterschiedlichen Typs einschließlich einer Signalerfassungsschaltung zur Erfassung von Signalen vom Sensorbereich, einer Signalverarbeitungsschaltung und einer Eigenschaft-Kompensationsschaltung umfassen. Der Passivierungsfilm kann aus verschiedenen Werkstoffen wie etwa organischen oder anorganischen Werkstoffen hergestellt sein. Falls der Passivierungsfilm insbesondere aus einem anorganischen Werkstoff hergestellt ist oder falls ein Siliciumnitrid-Film verwendet wird, hat die Erfindung eine große Wirkung. Im Hinblick auf einen stabilen Betrieb oder auf stabile Eigenschaften ist der pn-Übergang zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich vorzugsweise durch den Passivierungsfilm bedeckt oder es ist vorzugsweise eine Verdrahtung für ein festes Potential, die mit der Oberfläche des zweiten Bereichs in Kontakt ist, vorgesehen, wobei diese Verdrahtung durch den Passivierungsfilm bedeckt sein kann.

Sensoren mit eingebauten Schaltungen der Erfindung sind besonders in Fällen geeignet, in denen der Membranabschnitt und die Schaltungsabschnitte im Schaltungsbereich auf derselben Seite des Halbleitersubstrats ausgebildet sind, d. h. in denen der Membranabschnitt einen Druck auf der oberen Seite aufnimmt. Indem der Sensor mit eingebauten Schaltungen der Erfindung in einem Gehäuse untergebracht ist, das ein Druckeinleitungsloch besitzt, und indem der im Gehäuse untergebrachte Sensor mit einem Gel-Werkstoff bedeckt wird, kann ein Druckdetektor mit stabilem Betrieb oder mit stabilen Eigenschaften hergestellt werden. Wenn der Membranabschnitt und die Schaltungselemente im Schaltungsbereich auf derselben Seite des Halbleitersubstrats ausgebildet sind oder wenn der Membranabschnitt einen Druck auf der oberen Seite aufnimmt, ist das Druckeinleitungsloch in dieser oberen Seite oder derart vorgesehen, daß es der oberen Seite zugewandt ist.

Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, die auf die Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1A, B eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sensors;

Fig. 2A-D Darstellungen zur Erläuterung der Wirkungen des Passivierungsfilms auf der Membran;

Fig. 3A-F Ansichten zur Erläuterung eines Herstellungsverfahrens für den Sensor nach Fig. 1;

Fig. 4 einen beispielhaften Drucksensor gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 5 einen weiteren beispielhaften Drucksensor gemäß der ersten Ausführungsform; und

Fig. 6-8 Querschnittsansichten eines Drucksensors gemäß einer zweiten, einer dritten bzw. einer vierten Ausführungsform der Erfindung.

In den Fig. 1A und 1B ist eine erste Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Fig. 1A ist eine Querschnittsansicht, während Fig. 1B eine Draufsicht ist. In den Fig. 1A und 1B sind auf einem p-Halbleitersubstrat 1 eine n-Diffusions-

schicht 2, eine p-Diffusionsschicht 3 sowie Elementtrennbereiche, die durch thermische Oxidfilme 4 elektrisch isoliert sind, gebildet. In der n-Diffusionsschicht 2 ist eine p<sup>+</sup>-Diffusionsschicht 7 gebildet, um zusammen mit einer Gate-Elektrode 5 einen PMOS-Transistor 30 zu bilden. Ferner ist in der p-Diffusionsschicht 3 eine n<sup>+</sup>-Diffusionsschicht 6 gebildet, um zusammen mit einer Gate-Elektrode 5 einen NMOS-Transistor 20 zu bilden. Der PMOS-Transistor 30 und der NMOS-Transistor 20 sind über eine Metallverdrahtung 9 verbunden, wodurch ein Schaltungsabschnitt 50 mit Schaltungen für die Signalerfassung und die Signalverarbeitung geschaffen wird. Obwohl in den Fig. 1A und 1B nicht gezeigt, werden im Prozeß zur Herstellung des Sensors gegebenenfalls gleichzeitig Widerstände und Kondensatoren gebildet.

Außerdem sind in dem p-Halbleitersubstrat 1 die folgenden Filme, Elektroden und Membranen gebildet. Auf dem thermischen Oxidfilm 4 ist Polysilicium 100 gebildet, das sowohl als untere Elektrode als auch als Verdrahtung dient. Auf einem CVD-Oxidfilm 8 und einem CVD-Nitridfilm 101, die Zwischenisolierschichten sind, ist ein Hohlraumbereich 102 gebildet, der vakuumdicht ist und dessen Oberflächenabmessungen durch einen Ankerabschnitt 108 definiert sind. Eine Membran 40 ist aus Polysilicium 103, das als obere Elektrode dient, aus einem CVD-Oxidfilm 104, der als Vakuumabdichtmaterial dient, aus Polysilicium 105, das als Abschirmungselektrode dient, sowie aus einem CVD-Oxidfilm 106, der als Zwischenisolierschicht dient, gebildet. Daher wird durch diese Filme, Elektroden und diese Membran ein Drucksensor 60 des Typs mit elektrostatischer Kapazität gebildet. Das als untere Elektrode und als Verdrahtung verwendete Polysilicium 100 ist mit der Verdrahtung 9 über einen Kontaktabschnitt 110 verbunden. Das als obere Elektrode dienende Polysilicium 103 ist mit dem Polysilicium 100 über einen Kontaktabschnitt 109 verbunden. Das Polysilicium 100 und die Metallverdrahtung 9 sind außerdem mit einem Kontaktabschnitt 111 verbunden. Das als Abschirmungselektrode und als Verdrahtung dienende Polysilicium 105 ist mit der metallischen Verdrahtung 9 über einen Kontaktabschnitt 112 verbunden.

Auf dem gesamten Bereich des Schaltungsabschnitts 50 mit Ausnahme der Bond-Anschlußflächen und auf einem Teil des Druckmeßwandlers 60 des Typs mit statischer Kapazität, ist ein Passivierungsfilm 107 ausgebildet, der nicht mit der Membran 40 und mit der Seite der Membran 40 in Kontakt ist. Der Passivierungsfilm 107 ist vorzugsweise aus CVD-SiN gebildet, das eine ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit und gegenüber beweglichen Ionen besitzt. Da der Passivierungsfilm 107 nicht auf der oberen Seite und nicht auf der Seite der Membran 40 gebildet ist, sollte der CVD-Oxidfilm 106 vorzugsweise bei einer Temperatur nahe bei 700°C oder darüber gebildet werden, so daß die Störstellenkonzentration höchstens 1 Mol-% beträgt und die Feuchtigkeitsabsorption gering ist.

Der Passivierungsfilm 107 wird nicht einfach auf den Schaltungsabschnitt 50 aufgebracht, sondern sollte so nahe wie möglich bei der Membran 40 ausgebildet werden. Die einzelnen Elemente in der integrierten Schaltung sind voneinander elektrisch getrennt, jedoch durch Verdrahtungen miteinander verbunden, um Schaltungen zu bilden. Da der Druckmeßwandler 60 in dem integrierten Drucksensor gemäß dieser Ausführungsform ebenfalls ein einziges Element bildet, müssen die Elemente mit Ausnahme der notwendigen Verdrahtungsschichten vom Schaltungsabschnitt elektrisch isoliert sein. In dieser Ausführungsform sind die Elemente durch einen Übergang zwischen der n-Diffusionsschicht 2 und der p-Diffusionsschicht 3 voneinander elektrisch isoliert. Falls der Passivierungsfilm 107 nur auf den

Schaltungsabschnitt 50, jedoch nicht auf den Druckmeßwandler 60 aufgebracht würde, wäre der Passivierungsfilm 107 nicht um den PN-Übergang gebildet, so daß die Metallverdrahtungsschicht 9 für das feste Potential der n-Diffusionsschicht 2 nach außen freiläge. Dann träte mit großer Wahrscheinlichkeit eine Verschlechterung der Isoliereigenschaften des Übergangs wie etwa eine Zunahme eines Leckstroms und/oder eine Verschlechterung der Übergangsdurchbruchsspannung und/oder eine Korrosion der Metallverdrahtungsschichten auf. Aus diesem Grund bedeckt der Passivierungsfilm 107 vorzugsweise die Metallverdrahtungsschichten. Weiterhin muß die Öffnung von der Übergangstrennposition entsprechend der Umgebung, in der das Produkt verwendet wird, weit genug entfernt sein.

Nun wird mit Bezug auf die Fig. 2A-2D die Position der Kante des Passivierungsfilms 107 in dieser Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Die Fig. 2A-2D sind Darstellungen zur Erläuterung der Wirkung des Passivierungsfilms 107 auf der Membran, die einer Kompressionsbeanspruchung unterliegt. In den Fig. 2A und 2B ist ein erste Membran bildender Film 150 gezeigt, der dem Bezugszeichen 103 in Fig. 1 dieser Ausführungsform entspricht. Mit dem Bezugszeichen 151 ist ein zweite Membran bildender Film bezeichnet, der den Bezugszeichen 104 bis 106 in Fig. 1 entspricht. Das Bezugszeichen 108 bezeichnet den Ankerabschnitt, während das Bezugszeichen 102 den Hohlraumbereich bezeichnet und das Bezugszeichen 107 den Passivierungsfilm bezeichnet. Weiterhin ist mit dem Bezugszeichen 152 eine ideale Membranposition bezeichnet, an der der Druck im Hohlraumbereich 102 gleich dem Außendruck ist oder an der die Membran nicht ausgelenkt ist. Fig. 2A zeigt den Fall, in dem der Passivierungsfilm 107 auf der gesamten Membran aufgebracht ist, während Fig. 2B den Fall zeigt, in dem der Passivierungsfilm 107 nur bis zur Innenseite des Ankerabschnitts aufgebracht ist. Mit anderen Worten, der Druckmeßwandler 60 des Typs mit elektrostatischer Kapazität, der als Sensorbereich dient, ist durch den Passivierungsfilm 107 teilweise bedeckt, wie in Fig. 2B gezeigt ist. Da im Fall von Fig. 2A eine Ausdehnungskraft entsprechend der Kompressionsbeanspruchung ausgeübt wird, wird die Membran nach oben gekrümmt. Im Fall von Fig. 2B wird die gleiche Kraft ausgeübt, der Wirkungsbereich der Kraft liegt jedoch nur zwischen den Punkten O und C auf der Membran, da der Passivierungsfilm eine Öffnung besitzt. Daher wirkt im Fall von Fig. 2B die Kompressionsbeanspruchung im Passivierungsfilm 107 in der Weise, daß die Membran niedergedrückt wird, wodurch die Membran nach unten durchgebogen wird. Wenn der Passivierungsfilm 107, der insbesondere aus CVD-SiN hergestellt ist, auf der Membran ausgebildet ist, wird die Membran durch die interne Beanspruchung des Films gebogen. Die interne Beanspruchung des CVD-SiN-Films ändert die Kompressionsbeanspruchung in Abhängigkeit von der CVD-Vorrichtung und den Aufbringungsbedingungen in eine Zugbeanspruchung um und liegt im Bereich von einigen wenigen GPa.

Obwohl die Kraft in den Fig. 2A und 2B in radialer Richtung wirkt, wird die gleiche Kraft auch in Umfangsrichtung ausgeübt. Falls daher in dem Passivierungsfilm eine Öffnung vorgesehen ist, wird die Membran nicht stets gekrümmt, statt dessen hängt die Krümmung der Membran davon ab, wo der Passivierungsfilm ausgebildet ist. Fig. 2C zeigt die Beziehung zwischen der Position, bis zu der der Passivierungsfilm ausgebildet ist, und der Krümmung der Membran in dem Fall, in dem der Passivierungsfilm eine Kompressionsbeanspruchung aufweist. Die Aufwärtskrümmung der Membran ist durch ein Pluszeichen "+" gegeben, während die Abwärtskrümmung durch ein Minuszeichen "-" gegeben ist. Die Position, bis zu der der Passivierungs-

film ausgebildet ist, ist durch die Strecke X vom Membranzentrum in Richtung zum äußeren Umfang gegeben. In Fig. 2C befindet sich die Position A bei  $X = 0$ , während in dem Fall, in dem der Passivierungsfilm auf der gesamten Membran ausgebildet ist, die Position B zwischen dem Membranzentrum und dem Ankerabschnitt liegt, die Position C innerhalb des Ankerabschnitts liegt, die Position D außerhalb des Ankerabschnitts und auf dem ersten Membranbildungsfilm 150 liegt, und die Position E außerhalb des ersten Membranbildungsfilms 150 liegt und nicht mit der Seite des zweiten Membranbildungsfilms 151, der die Seite des ersten Membranbildungsfilms 150 abdeckt, in Kontakt ist. Mit anderen Worten, die Kante des Passivierungsfilms 107, die sich von dem als Schaltungsabschnitt 50 zu dem als Sensorbereich dienenden Druckmeßwandler 60 des Typs mit elektrostatischer Kapazität erstreckt, befindet sich an unterschiedlichen Positionen A bis E. An der Position A befindet sich die Kante des Passivierungsfilms im Zentrum der Membran, so daß angenommen keine Kante vorhanden ist. An den Positionen B, C und D befindet sich die Kante des Passivierungsfilms zwischen dem Membranzentrum und dem Ankerabschnitt. In dem Intervall zwischen der Position D und der Position E befindet sich die Kante des Passivierungsfilms zwischen der Seite des Membranabschnitts innerhalb des Sensorbereichs und dem Schaltungsabschnitt. An der Position E befindet sich die Kante auf dem Schaltungsabschnitt, der von dem Membranabschnitt getrennt ist. In Richtung von der Position A zur Position E wird der Bereich, in dem der Passivierungsfilm nicht ausgebildet ist, zunehmend breiter. Die Membran krümmt sich bei A nach oben und bei B nach unten, wie oben beschrieben worden ist. Aus Fig. 2C geht hervor, daß sich die Membran an der Position B oder außerhalb der Position E stark krümmt. Die interne Beanspruchung wird jedoch durch einen thermischen Zyklus geändert, wodurch diese Passivierungsfilm-Kantenpositionen zerstört werden, wenn die Membran nicht gekrümmt werden kann. Um daher eine Krümmung der Membran durch den Passivierungsfilm zu verhindern, muß die Kante des Passivierungsfilms außerhalb der Position D, vorzugsweise außerhalb der Position E, angeordnet sein.

Fig. 2D ist ein Graph, der die Beziehungen zwischen dem Druckmeßwandler-Ausgang und dem Herstellungsprozeß mit geänderter Passivierungsfilm-Kante veranschaulicht. Der Herstellungsprozeß des Graphen umfaßt die Schritte "vor der Filmaufbringung", was bedeutet, daß der Passivierungsfilm noch nicht ausgebildet ist, "nach der Filmaufbringung", was bedeutet, daß der Passivierungsfilm auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet worden ist, "nach dem Prozeß", was bedeutet, daß der Passivierungsfilm auf dem Druckmeßwandler teilweise weggeätzt worden ist, und "nach der Wärmebehandlung", was bedeutet, daß der Passivierungsfilm in einer Stickstoffatmosphäre geglüht worden ist. Die "Ausgangsspannung" auf der Ordinate ist die Spannung, in die die elektrostatische Kapazität zwischen der oberen Elektrode und der unteren Elektrode umgesetzt worden ist. Die Schaltungsanordnung ist derart, daß bei nach oben gekrümmter Membran (der Abstand zwischen der oberen Elektrode und der unteren Elektrode nimmt zu, so daß die Kapazität abnimmt) die Ausgangsspannung abnimmt, während bei nach unten gekrümmter Membran (der Abstand zwischen der oberen Elektrode und der unteren Elektrode nimmt ab, so daß die Kapazität ansteigt) die Ausgangsspannung ansteigt.

Aus dem Graphen geht hervor, daß nach der Aufbringung des Films die Ausgangsspannung im Vergleich zum Fall vor der Filmaufbringung aufgrund der Kompressionsbeanspruchung im Passivierungsfilm abnimmt, so daß die Membran

nach unten gekrümmt wird. Weiterhin wird nach dem Prozeß die Ausgangsspannung durch die Passivierungskantenposition geändert. Wenn der Passivierungsfilm auf der gesamten Oberfläche der Membran aufgebracht ist (Position A in Fig. 2C) oder wenn der Passivierungsfilm nicht geätzt ist, ist die Ausgangsspannung gleich derjenigen nach der Filmaufbringung. Wenn der Passivierungsfilm auf einem Teil der Oberfläche der Membran ausgebildet ist (Position C in Fig. 2C), ist die Ausgangsspannung höher als vor der Filmaufbringung. Das bedeutet, daß die Membran im Vergleich zu dem Fall vor der Filmaufbringung nach unten gekrümmt wird. Wenn andererseits der Passivierungsfilm so ausgebildet ist, daß er die Membran überhaupt nicht bedeckt (Position E in Fig. 2C), ist die Ausgangsspannung genau die gleiche wie vor der Filmaufbringung. Das bedeutet, daß die Krümmung der Membran gleich derjenigen vor der Filmaufbringung ist. Darüber hinaus ist die Ausgangsspannung nach der Wärmebehandlung erniedrigt, wenn die Passivierungsfilmkante sich an der Position A in Fig. 2C befindet und wenn der Passivierungsfilm bis zu der Position C in Fig. 2C weggeätzt ist. Selbstverständlich wird die Membran durch die Erhöhung der internen Beanspruchung im Passivierungsfilm nach unten gekrümmt. Wenn der Passivierungsfilm bis zur Position E in Fig. 2C weggeätzt wird, ist die Ausgangsspannung wie gezeigt stabil, so daß die Krümmung der Membran im Vergleich zu dem Fall vor der Filmaufbringung unverändert ist.

Nun wird mit Bezug auf die Fig. 3A bis 3F das Herstellungsverfahren für diesen Sensor beschrieben.

Zunächst werden auf den P-Halbleitersubstrat 1 durch einen normalen CMOS-Herstellungsprozeß Schaltungselemente wie etwa CMOS-Transistoren, Widerstände und Kondensatoren, Polysilicium 100 als untere Elektrode des Druckmeßwandlers und ein CVD-Oxidfilm 8 als Zwischenisolierschicht ausgebildet. Obwohl in dieser Ausführungsform das Polysilicium 5 für die Gate-Elektrode und das Polysilicium 100 für die untere Elektrode des Druckmeßwandlers gemeinsam ausgebildet werden, um den Prozeß abzukürzen, könnten diese Schichten auch getrennt ausgebildet werden.

Wie in Fig. 3B gezeigt ist, werden der CVD-Nitridfilm 101 und der CVD-Oxidfilm 115 aufgebracht. Dann wird durch Ätzen der Ankerabschnitt 108 gebildet, woraufhin mittels CVD Polysilicium 103 aufgebracht wird und durch Photoätzung daraus ein membranbildender Film bzw. eine obere Elektrode gebildet werden. Obwohl das Polysilicium 103 eine einzelne Schicht oder ein Laminatfilm, der durch mehrmaliges Aufbringen gebildet wird, sein kann, sollte die obere Schicht gegenüber der unteren Elektrode 100 mit Störstellen mit einer Konzentration von wenigstens  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$  oder darüber dotiert sein.

Wie in Fig. 3C gezeigt ist, wird der CVD-Oxidfilm 115 mit Fluorsäure geätzt. Daher sollte für den CVD-Oxidfilm 115 beispielsweise hochkonzentriertes PSG oder BPSG, das gegenüber Fluorsäure eine hohe Ätzrate besitzt, gewählt werden. Umgekehrt muß der CVD-Nitridfilm 101 eine geringe Ätzrate gegen Fluorsäure aufweisen, da er einen Barrierewerkstoff zum Schutz der unteren Schichten darstellt. Die Bildung sollte bei einer Temperatur von  $700^\circ\text{C}$  oder darüber erfolgen. Anschließend wird ein CVD-Oxidfilm aufgebracht, um den Hohlraumbereich 102 zu bilden, wobei der CVD-Oxidfilm 104 als membranbildender Film und als Material für hermetische Abdichtung durch Photoätzung gebildet wird. Hierbei sollte der CVD-Oxidfilm 104, der ein Werkstoff zur hermetischen Abdichtung bildet, unter Filmbildungsbedingungen gebildet werden, die eine geringe Stufenabdeckung schaffen, um die Seitenabmessungen des Hohlraumbereichs 102 sicherzustellen. Weiterhin ist der

CVD-Nitridfilm 101 als Ätzbarrieren-Werkstoff gegenüber Fluorsäure für die Zwischenisolierschicht nicht geeignet, da er mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Aufladung bewirkt. Somit sollte der CVD-Nitridfilm soweit wie möglich entfernt werden.

Wie in Fig. 3D gezeigt ist, wird Polysilicium durch CVD aufgebracht und photogeätzt, um das Polysilicium 105 zu bilden, das als membranbildender Film und als Abschirmungselektrode dient. Das Polysilicium 105 für die Abschirmungselektrode dient dazu, ein Eindringen von externem elektrischen Rauschen und von Verunreinigungen in den Druckmeßwandler zu verhindern. Anschließend wird der CVD-Oxidfilm 106 als membranbildender Film und als Zwischenschicht-Isolierfilm ausgebildet. Danach wird darauf die Metallverdrahtungsschicht 9 ausgebildet, nachdem in der Isolierschicht Kontaktlöcher hergestellt worden sind.

Wie in Fig. 3E gezeigt ist, wird daraufhin der Passivierungsfilm 107 aufgebracht. Hierbei sollte der Passivierungsfilm 107 ein CVD-SiN-Film sein, der durch ECRCVD (Elektronen-Cyclotron-Resonanz-CVD) oder durch plasmaverstärktes CVD (PECVD) gebildet wird und eine ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit und gegenüber beweglichen Ionen besitzt.

Wie in Fig. 3F gezeigt ist, wird der Passivierungsfilm 107 durch Photoätzung teilweise entfernt, so daß der Passivierungsfilm zumindest nicht mit der oberen Fläche und mit der seitlichen Fläche der Membran 40 des Druckmeßwandlers 60 in Kontakt ist. Dann ist der Drucksensor gemäß dieser Ausführungsform fertig hergestellt.

Nun werden mit Bezug auf die Fig. 4 und 5 Montagebeispiele des erfindungsgemäßen Drucksensors gemäß dieser Ausführungsform erläutert. In Fig. 4 ist ein Drucksensor-Chip 400 an einer metallischen Verdrahtungsplatte 407 fest angebracht und durch Metalldrähte 402 mit Leitern auf der Platte 407 elektrisch verbunden. Darauf ist Silicium-Gel 404 aufgebracht, um die Oberfläche zu schützen und um ein Eintreten von Verunreinigungen in den Chip zu verhindern. Die Platte mit dem darauf angebrachten Chip, die beschichtet ist, ist in einem Kunststoffgehäuse 406 fest angebracht. Bei 401 ist ein Signalverarbeitungschip für die Korrektur der Eigenschaften gezeigt. Dieser Signalverarbeitungschip ist in ähnlicher Weise am Drucksensor-Chip 400 angebracht.

Durch ein Druckeinleitungsloch 405 wird auf den Drucksensor-Chip 400 ein äußerer Druck ausgeübt. Der Drucksensor-Chip 400 setzt den Druck in elektrische Signale um und verstärkt diese Signale. Der Signalverarbeitungschip 401 korrigiert die Eigenschaften und schickt die Signale über einen Anschluß 403 nach außen.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Montagebeispiel des Chips. Die Funktion des Signalverarbeitungschips zum Korrigieren der Eigenschaften ist dem Drucksensor 500 durch On-Chip-Montage hinzugefügt. Durch die On-Chip-Montage auf einem einzigen Chip können geringere Abmessungen und niedrige Kosten erzielt werden.

Da gemäß dieser Ausführungsform der Passivierungsfilm auf der Signalerfassungsschaltung und auf der Signalverarbeitungsschaltung ausgebildet ist, können eine Änderung oder eine Verschlechterung der Schaltungselemente verhindert werden. Da ferner der Passivierungsfilm so ausgebildet ist, daß er zumindest nicht mit der oberen Fläche und mit der seitlichen Fläche der Membran des Druckmeßwandlers in Kontakt ist, kann der Druckmeßwandler stabile Ausgangscharakteristiken erzeugen. Dadurch kann ein hochleistungsfähiger und hochzuverlässiger Drucksensor geschaffen werden.

## Zweite Ausführungsform

Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. In dieser Ausführungsform ist das als Abschirmungselektrode dienende Polysilicium 105 mit seinem äußeren Umfang vollständig mit einer Metallverdrahtung 120 verbunden, während der Passivierungsfilm 107 so ausgebildet ist, daß er die Metallverdrahtung 120 bedeckt. Das Potential der Metallverdrahtung 120 und des Polysiliciums 105 liegt auf einer Leistungsversorgungsspannung oder auf Massepotential. Daher kann ein Eindringen von Feuchtigkeit und von Verunreinigungen durch die Öffnung des Passivierungsfilms verhindert werden, so daß der Drucksensor stabil arbeiten kann.

## Dritte Ausführungsform

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht der dritten Ausführungsform der Erfindung. In dieser Ausführungsform bezeichnet das Bezugszeichen 700 einen Polysilicium-Widerstand, während das Bezugszeichen 701 einen Druckmeßwandler des Typs mit piezoelektrischem Widerstand bezeichnet, der den Druck anhand der Widerstandsänderung des Polysilicium-Widerstandes 700 erfaßt. Diese Ausführungsform bildet einen integrierten Drucksensor mit einem Druckmeßwandler 701 des Typs mit piezoelektrischem Widerstand, einer Signalerfassungsschaltung und einer Signalverarbeitungsschaltung, die auf dem p-Halbleitersubstrat 1 aufgebracht sind. Da die Widerstandsänderung des Polysiliciumwiderstandes 700 durch eine Auslenkung der Membran 40 bestimmt ist, ist es wichtig, daß die Krümmung der Membran 40 ähnlich wie in der ersten Ausführungsform kontrolliert wird.

Da in dieser Ausführungsform der Passivierungsfilm auf der Signalerfassungsschaltung und auf der Signalverarbeitungsschaltung ausgebildet ist, kann eine Änderung oder eine Verschlechterung der Eigenschaften der Schaltungselemente verhindert werden. Da der Passivierungsfilm zumindest nicht mit der oberen Fläche oder mit der seitlichen Fläche der Membran des Druckmeßwandlers 701 des Typs mit piezoelektrischem Widerstand in Kontakt ist, besitzt der Druckmeßwandler einen Ausgang mit stabilen Eigenschaften.

## Vierte Ausführungsform

Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht der vierten Ausführungsform der Erfindung. In dieser Ausführungsform bezeichnet das Bezugszeichen 800 einen Polysilicium-Widerstand, während das Bezugszeichen 801 einen Durchflußmengen-Meßwandler bezeichnet, der die Luftdurchflußmenge anhand der Änderung des durch den Polysilicium-Widerstand 800 fließenden Stroms erfaßt, so daß die Temperatur des Polysilicium-Widerstandes 800 konstant gehalten werden kann. Diese Ausführung bildet einen integrierten Durchflußmengensensor, die den Durchflußmengen-Meßwandler 801, die Signalerfassungsschaltung und die Signalverarbeitungsschaltung, die auf einem n-Halbleitersubstrat 1' ausgebildet sind, umfaßt. Falls die Krümmung der Membran 40 nicht stabil wäre, würde sich der Widerstandswert des Polysilicium-Widerstandes 800 ändern, so daß sich die pro Einheitsstrom erzeugte Wärmemenge ändern würde. Alternativ wird die Kühlungseigenschaft des Polysilicium-Widerstandes 800 durch die Änderung der Membranform geändert.

Da gemäß dieser Ausführungsform der Passivierungsfilm auf der Signalerfassungsschaltung und auf der Signalverarbeitungsschaltung aufgebracht ist, können eine Änderung

oder eine Verschlechterung der Eigenschaften der Schaltungselemente verhindert werden. Da ferner der Passivierungsfilm so ausgebildet ist, daß er zumindest nicht mit der oberen Fläche und mit der seitlichen Fläche der Membran des Strömungsmeßwandlers in Kontakt ist, kann verhindert werden, daß die Membran gekrümmt wird, so daß der Durchflußmengen-Meßwandler einen Ausgang mit stabilen Eigenschaften erzeugen kann. Somit kann mit der Erfindung ein hochleistungsfähiger und hochzuverlässiger Durchflußmengensensor geschaffen werden.

Mit den erfindungsgemäßen Sensoren mit eingebauten Schaltungen können ein stabiler Betrieb und stabile Eigenschaften erzielt werden.

## Patentansprüche

1. Sensor mit eingebauten Schaltungen, mit einem Sensorbereich (60, 701, 801), der auf einem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und einen Membranabschnitt (40) aufweist, und einem Schaltungsbereich (50), der auf dem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und an den Sensorbereich (60, 701, 801) angrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß ein Passivierungsfilm (107) so vorgesehen ist, daß er den Schaltungsbereich (50) bedeckt und eine Kante des Passivierungsfilms (107) sich innerhalb des Sensorbereichs (60, 701, 801) zwischen einer Seite des Membranabschnitts (40) und dem Schaltungsbereich (50) befindet.
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Passivierungsfilm (107) näher beim Schaltungsbereich (50) als beim Membranabschnitt (40) befindet.
3. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Passivierungsfilm (107) ein Siliciumnitridfilm ist.
4. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Membranabschnitt (40) und die Schaltungselemente im Schaltungsbereich (50) auf derselben Seite des Halbleitersubstrats (1, 1') befinden.
5. Sensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Membranabschnitt (40) auf dieser Seite einen Druck aufnimmt.
6. Sensor mit eingebauten Schaltungen, mit einem Sensorbereich (60, 701, 801), der auf dem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und einen Membranabschnitt (40) aufweist, und einem Schaltungsbereich (50), der auf dem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und an den Sensorbereich (60, 701, 801) angrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verdrahtung (9) vom Schaltungsbereich (50) in den Sensorbereich (60, 701, 801) zwischen einer Seite des Membranabschnitts (40) und dem Schaltungsbereich (50) verläuft und ein Passivierungsfilm (107) so angeordnet ist, daß er den Schaltungsbereich (50) und die Verdrahtung (9) bedeckt.
7. Sensor mit eingebauten Schaltungen, mit einem Sensorbereich (60, 701, 801), der auf einem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und einen Membranabschnitt (40) aufweist, und einem Schaltungsbereich (50), der auf dem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und an den Sensorbereich (60, 701, 801) angrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat (1, 1') einen ersten Bereich (2) eines ersten Leitfähigkeitstyps und einen zweiten Bereich (3) eines zweiten Leitfähigkeitstyps besitzt und der Sensorbereich (60, 701, 801) im ersten Bereich (2)

vorgesehen ist und der Schaltungsbereich (50) im zweiten Bereich (3) vorgesehen ist.

8. Sensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Passivierungsfilm (107) so angeordnet ist, daß er den Schaltungsbereich (50) und einen Übergang zwischen dem ersten Bereich (2) und dem zweiten Bereich (3) bedeckt. 5

9. Sensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrahtung (9) für ein festes Potential so vorgesehen ist, daß sie mit einer Oberfläche des zweiten Bereichs (3) in Kontakt ist. 10

10. Sensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Passivierungsfilm (107) so angeordnet ist, daß er den Schaltungsbereich (50) und die Verdrahtung (9) bedeckt. 15

11. Druckdetektor, mit einem Sensor mit eingebauten Schaltungen, der einen Sensorbereich (60, 701, 801), der auf einem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und einen Membranabschnitt (40) aufweist, sowie einen Schaltungsbereich (50), der auf dem Halbleitersubstrat (1, 1') vorgesehen ist und an den Sensorbereich (60, 701, 801) angrenzt, umfaßt, einem Gehäuse (406), in dem der Sensor untergebracht ist und das ein Druckeinleitungsloch (405, 205) besitzt, das in einer seiner Oberflächen ausgebildet ist, und einem Gel-Werkstoff (404), der im Gehäuse (406) vorgesehen ist, um den Sensor zu bedecken, dadurch gekennzeichnet, daß 25

ein Passivierungsfilm (107) so angeordnet ist, daß er den Schaltungsbereich (50) des Sensors (60, 701, 801) bedeckt und eine Kante des Passivierungsfilms (107) innerhalb des Sensorbereichs (60, 701, 801) zwischen einer Seite des Membranabschnitts (40) und dem Schaltungsbereich (50) verläuft, und 35 die Membran (40) und die Schaltungselemente innerhalb des Schaltungsbereichs (50) auf derjenigen Seite des Halbleitersubstrats (1, 1'), auf der auch das Druckeinleitungsloch (405, 205) vorhanden ist, angeordnet sind. 40

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

FIG.1A

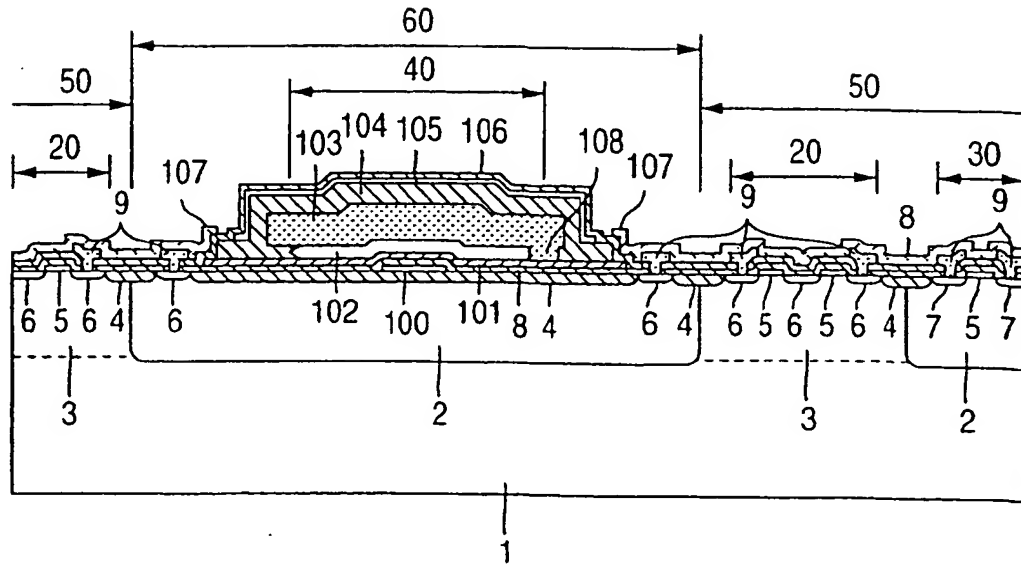


FIG.1B

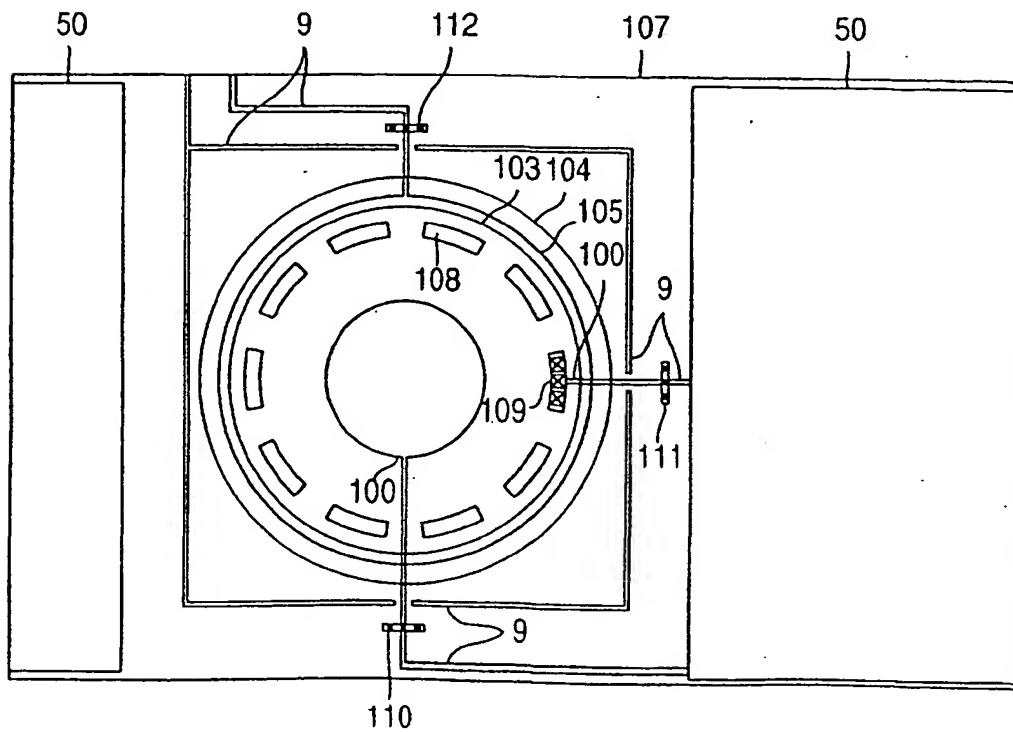


FIG.2A

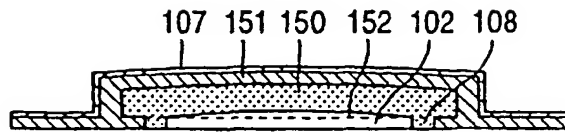


FIG.2B

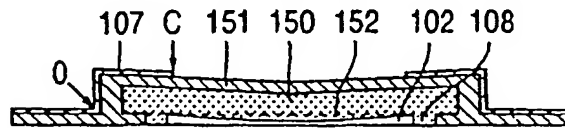


FIG.2C

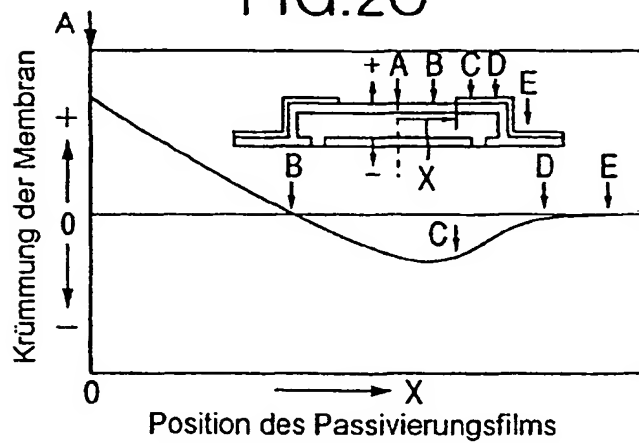


FIG.2D

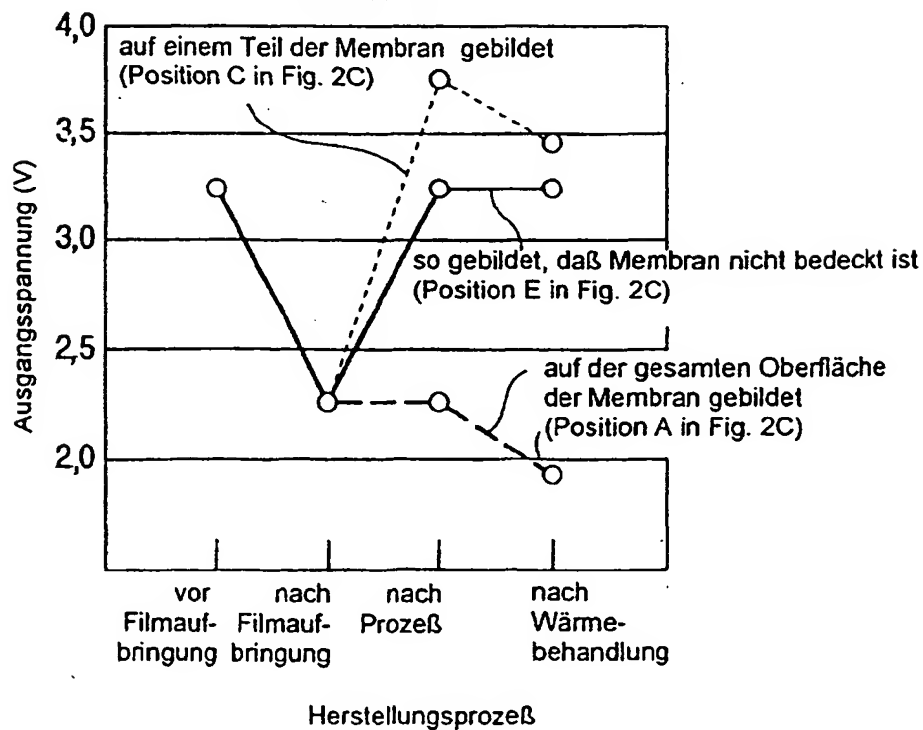


FIG.3A

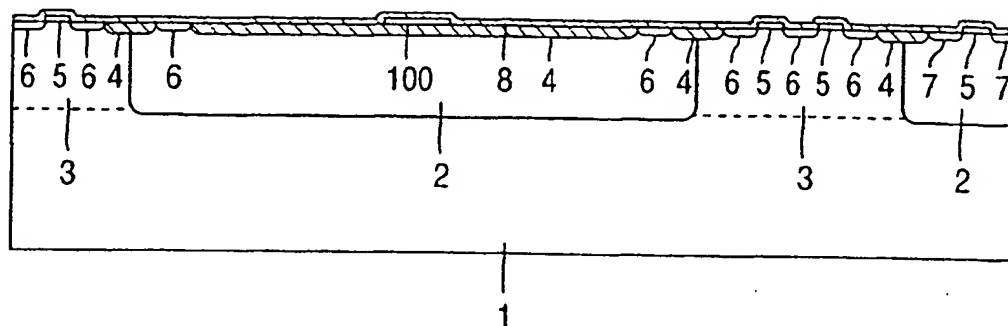


FIG.3B

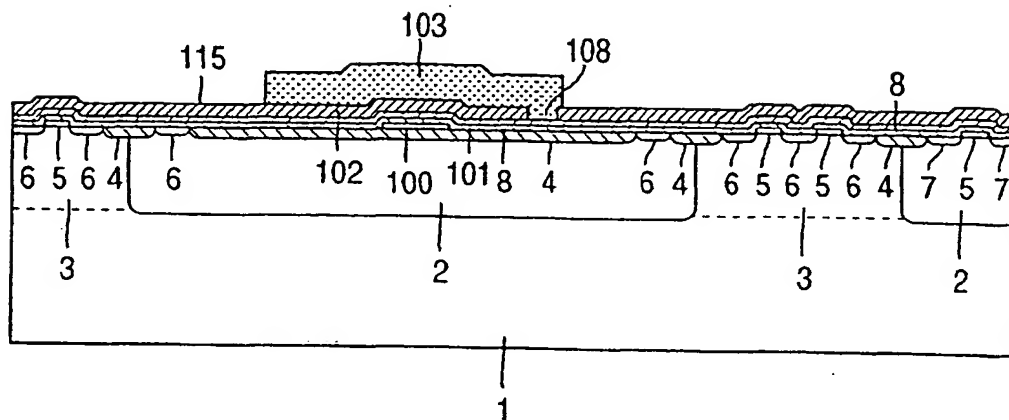


FIG.3C

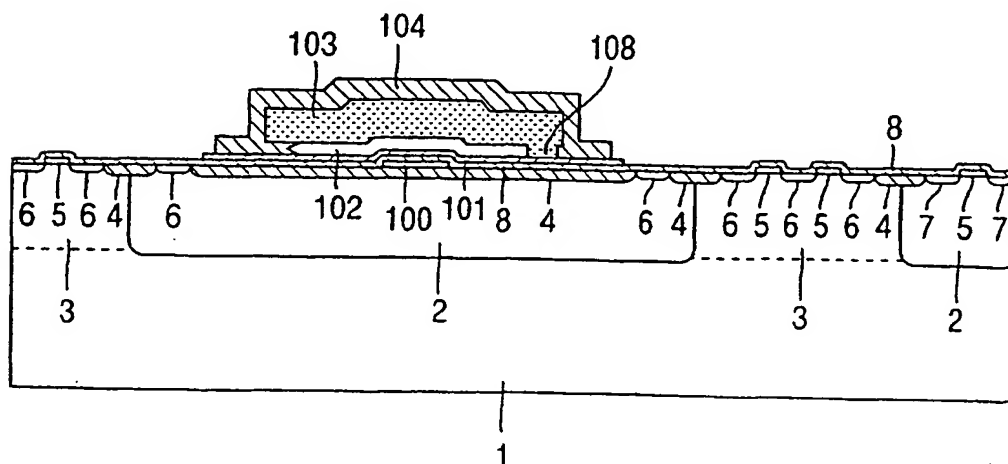


FIG.3D

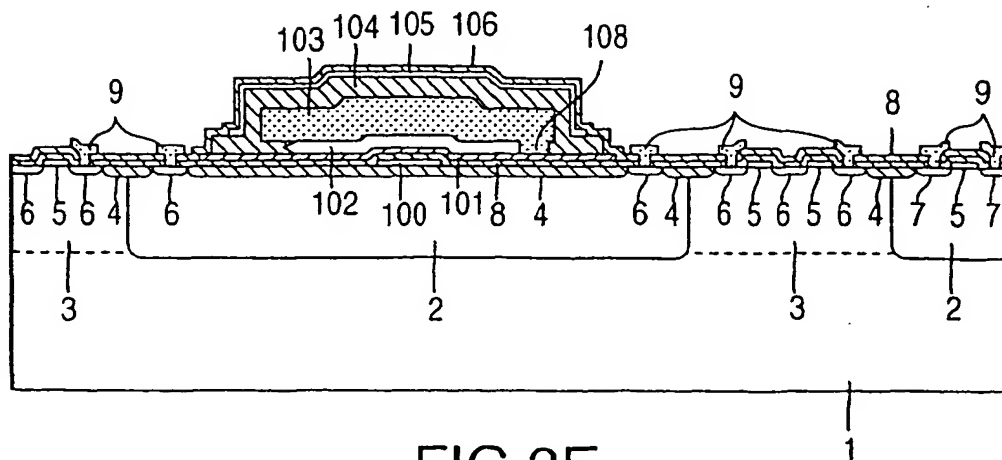


FIG.3E

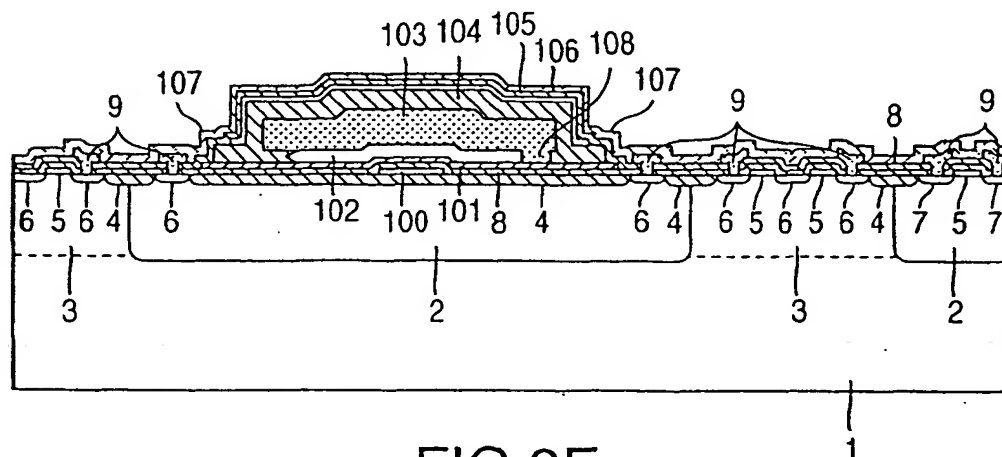


FIG.3F

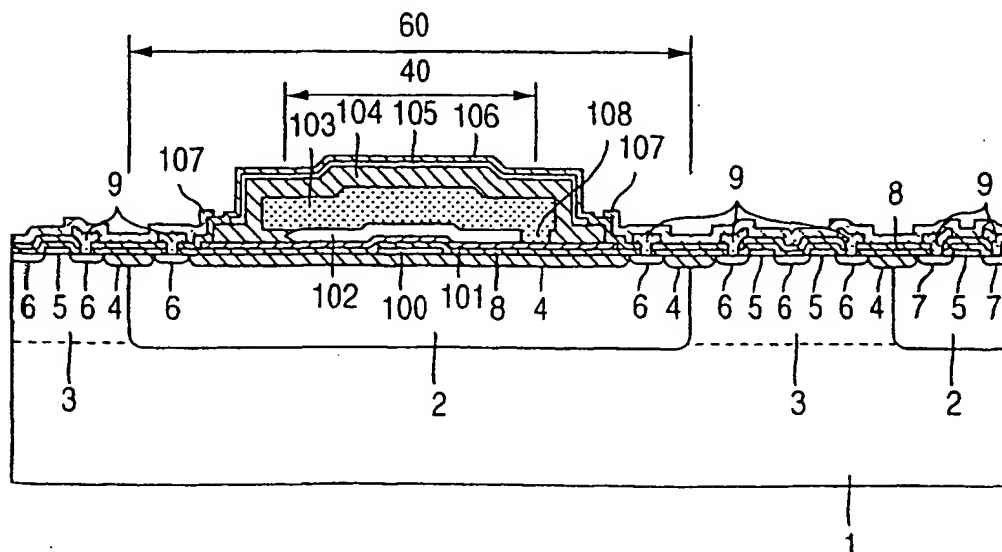


FIG.4

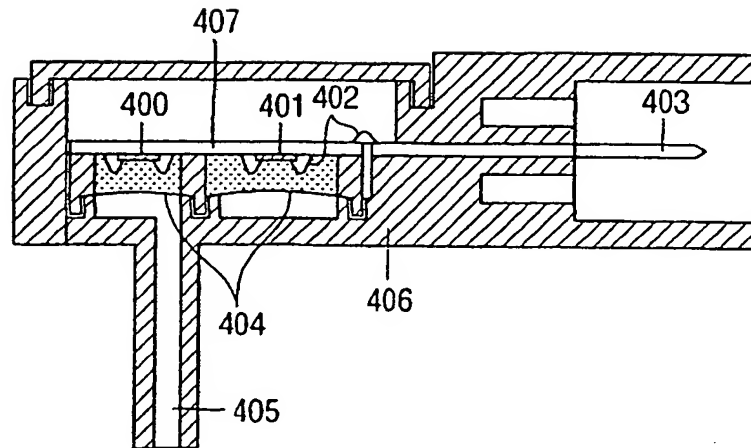


FIG.5

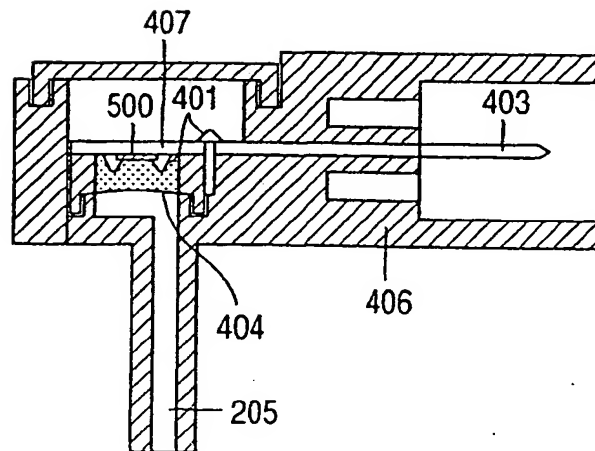


FIG.6

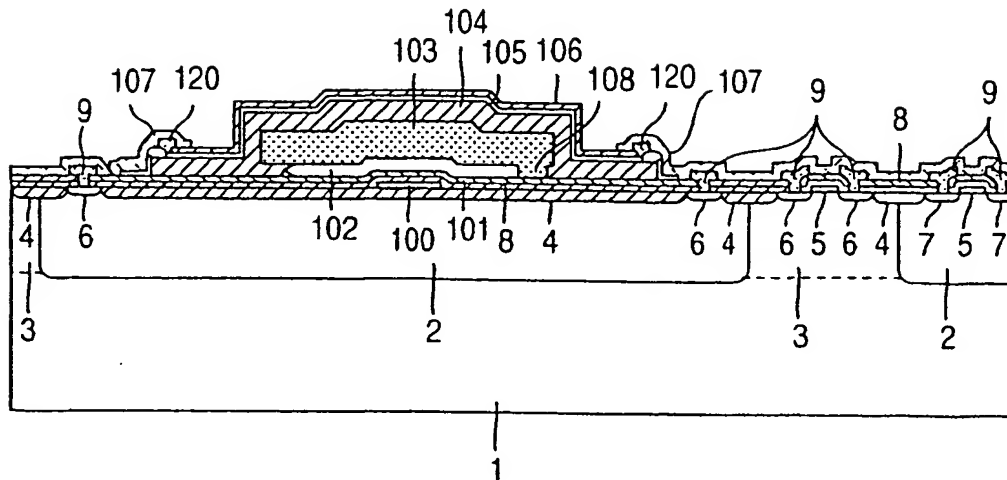


FIG.7

